

УДК 621.91

Ч.Ф. Якубов, Э.Р. Менумеров, Симферополь, Украина

**ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СОТС  
НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  $\alpha$ -ТОКОФЕРОЛЬНЫХ  
АНТИОКСИДАНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

*Розглядається можливість підвищення ефективності процесів свердління та розгортання модифікованими МОТС рослинної природи. Модифікація рослинних масел досягається за рахунок введення до їх складу антиоксидантів. Показані результати вимірювання осевої сили різання і крутного моменту.*

*Рассматривается возможность повышения эффективности процессов сверления и развертывания модифицированными СОТС растительной природы. Модификация растительных масел достигается за счет введения в их состав антиоксидантов. Показаны результаты измерения осевой силы резания и крутящего момента.*

*Possibility of increasing the efficiency of drilling and reaming by means of modified vegetable based cutting fluids is considered. Modification of vegetable oils occurs by adding anti-oxidants into them. Results of measures the axial forces and rotational moments are shown.*

На фоне динамично развивающихся инновационных методов формообразования поверхностей деталей машин традиционные процессы механической обработки металлов резанием совершенствуются и продолжают охватывать самый широкий сегмент в этой области. Одним из необходимых условий достижения наиболее высоких технологических показателей процесса резания, является применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Вместе с тем, наряду с интенсификацией современных производственных процессов, возрастают и требования в обеспечении их экологической безопасности. До последнего времени это обстоятельство не принималось во внимание, тем не менее, эксплуатация традиционных составов СОТС, разработанных на основе минеральных масел, заметно влияет не только на экологические, но и на социально-экономические производственные аспекты. Одним из интегрированных путей разрешения указанной проблемы представляется применения в качестве СОТС масел растительного происхождения, которые по своей природе экологически безвредны и обладают сравнительно высокими трибологическими характеристиками [1-3].

Повсеместное использование растительных масел в качестве СОТС, в настоящее время, ограничивается комплексом нерешенных задач, главными из которых являются – увеличение окислительной стойкости, повышение

биологической стабильности (особенно при высоких температурах) и снижение объемов расхода, вследствие их относительно высокой стоимости. Информационно-аналитический поиск показал, что перспективным направлением может оказаться модификация растительных масел введением активных жирорастворимых соединений, физико-химические свойства которых могут обеспечить повышение их основных функциональных действий.

Известно, что основные функциональные действия СОТС, обусловлены содержанием в их химическом составе поверхностно-активных веществ (ПАВ). Так, смазывающее действие связывают с адсорбцией ПАВ на контактной поверхности инструмента и образованием прочных смазочных пленок. Пластифицирующее действие выражается в адсорбционном понижении поверхностной прочности (эффект Ребиндера). Проникающее действие – со смачивающей способностью технологической среды и методом ее подвода в зону резания. Т.о., для повышения функциональных свойств растительных масел, используемых в качестве СОТС, необходимо обеспечить условия эффективного взаимодействия ПАВ с контактными поверхностями инструмента.

В работах [4-6] показано, что при трении и резании металлов адсорбционное и пластифицирующее действия ПАВ выражены не очень ярко. Применение физических методов исследования при обычных испытаниях в инактивной смазке, и той же смазке с малыми добавками ПАВ, не обнаружили существенных расхождений. В связи с этим вышеуказанными авторами было выдвинуто предположение об экранирующем действии оксидных пленок, возникающих в присутствии кислорода воздуха и резко снижающих эффективность действия ПАВ.

В настоящей работе для локализации хемосорбционных процессов препятствующих действию ПАВ в качестве присадок к СОТС использовались природные антиоксиданты (АО), замедляющие или предотвращающие процессы окисления. Смешиваясь с растительными маслами, АО образуют некий химический барьер, препятствующий доступу кислорода к поверхности металла. Ингибирование молекул кислорода происходит благодаря восстановительным свойствам антиоксидантов. В исследованиях П.А. Шульмана [6] показано, что скорость взаимодействия АО с кислородом, значительно выше скорости взаимодействия кислорода с металлом. Таким образом, в результате нейтрализации кислорода воздуха, интенсивность образования оксидных пленок замедляется, обеспечивая при этом непосредственное взаимодействие ПАВ с металлом и, как следствие, усиливая их адсорбционное и пластифицирующее действия.

Безусловно, влияние кислорода воздуха в процессах трения и изнашивания сохраняется и в присутствии антиоксидантов, т.к. ингибирование кислорода антиоксидантами происходит только в области

проникновения несущих их СОТС. В остальных зонах контактируемой поверхности, в которые СОТС не проникает, процессы схватывания продолжают сдерживаться оксидными образованиями.

Кроме того, благодаря способности АО заметно притормаживать процессы окисления, возникают условия для снижения скорости полимеризации растительных масел и, как следствие, повышения их окислительной стойкости.

С целью уточнения влияния присадок АО и других технологических сред на силовые характеристики процесса резания, как одного из основных показателей его эффективности, были проведены измерения осевой силы  $P_o$  и крутящего момента  $M_{кр}$ . Исследования осуществлялись при сверлении и развертывании легированной стали 42CrMo4 и труднообрабатываемого титанового сплава BT 22. Эксперименты проводились на фрезерном станке с ЧПУ марки «MAHO MH 600E». Силовые параметры процесса резания измерялись 2-х компонентным ротационным динамометром «KISTLER 9257 В» (Швейцария). Полученные значения крутящего момента и осевой силы фиксировались после оцифровки и подавления шумов в виде циклограмм и усреднялись по общим показателям. В качестве осевого инструмента изготовленного из быстрорежущей стали применялись цилиндрические сверла стандарта DIN 338 (Hartner, Германия) и развертки фирмы NORIS (Германия) H7 HSS SPPW (рис. 1).

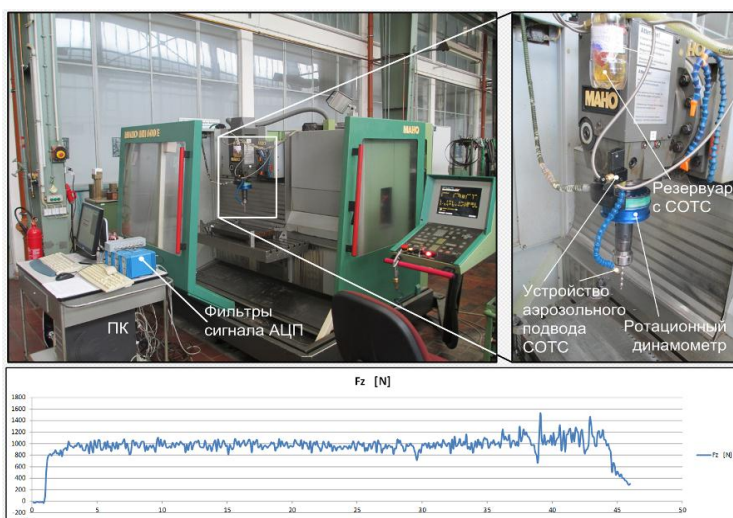


Рисунок 1 – Общий вид станда и циклограмма измерения силовых характеристик процесса резания на операциях сверления и развертывания

Применение в качестве инструментального материала быстрорежущей стали на операциях сверления связано с регламентируемыми режимами обработки, при которых температура резания колеблется в пределах 150-350°C, в этом диапазоне температур применение в качестве СОТС растительных масел представляется наиболее целесообразным. Операция же развертывания характеризуется незначительными припусками на обработку, а в этом случае явления пластификации, возможно, будут выражены ярче.

В качестве внешних технологических смазывающих сред использовались технические подсолнечное и рапсовое масла без присадок, и с присадками из антиоксидантов. В качестве последних использовались витамин Е (dl- $\alpha$ -tocopherol acetate, «BASF», Германия). Концентрация АО в подсолнечном масле составило 4%, а в рапсовом 3% [4]. С целью проведения сравнительного анализа так же применялось специальное индустриальное масло Hebro 100 AL произведенное в Германии и широко используемое в процессах сверления и развертывания в сочетании с технологией минимального смазывания.

Для минимизации расхода подаваемых в зону резания масляных СОТС применялось специальное дозирующее устройство низкого давления MiniCool фирмы «NOGA» (Израиль). Расход СОТС при использовании данного устройства на всех этапах исследований составлял от 0,4-0,6 мл/мин в зависимости от их вязкости.

Измерение силовых параметров при резании было реализовано с целью оценки возможного усиления функциональных действий СОТС за счет их химической модификации. Изменение осевой силы резания и крутящего момента, на наш взгляд, были обусловлены изменением пластифицирующего и смазывающего функциональных свойств СОТС. Экранирующее действие оксидных пленок позволило более детально изучить различные стороны эффектов адсорбирования, пластифицирования и диспергирования растительных масел применяемых в качестве СОТС.

На рисунке 2 показаны результаты измерения осевой силы  $P_o$  и крутящего момента  $M_{кр}$  при сверлении легированной стали 42CrMo4 и титанового сплава ВТ-22. Как видно из полученных результатов, наименьшее значение осевой силы обнаружено при сверлении легированной стали среде специального индустриального масла, при этом крутящий момент изменялся в пределах 20%. При обработке титанового сплава значения осевых сил заметнее всего снизились в среде модифицированных масел, и преимущественно в рапсовом. Снижение сил резания в среде модифицированного подсолнечного масла особенно замечено при обработке легированной стали. Введением в состав рапсового масла присадок из антиоксидантов показало наибольший эффект при обработке титанового

сплава. Это обстоятельство связано с различным жирнокислотным составом указанных растительных масел.

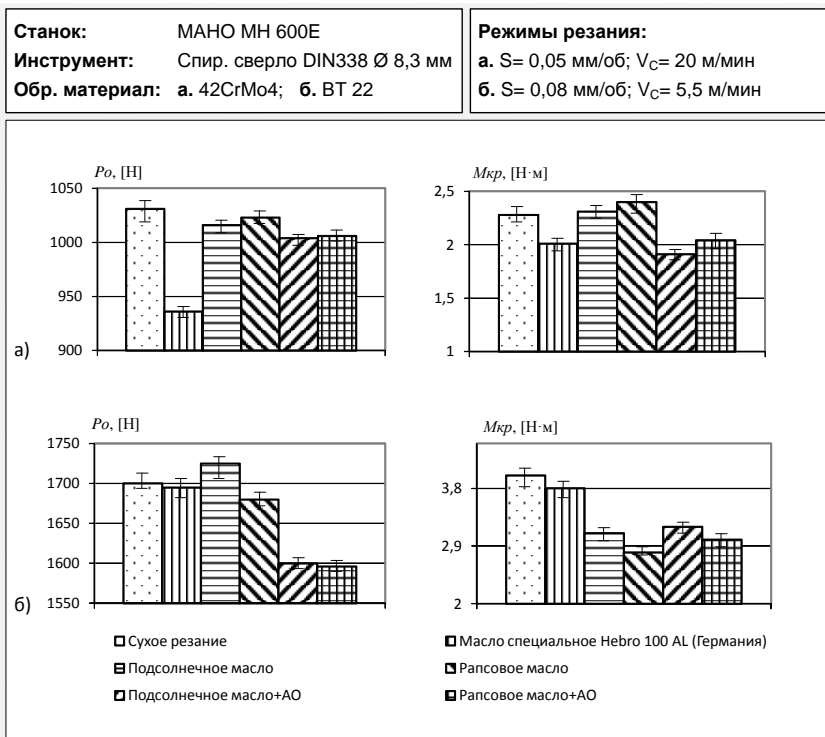


Рисунок 2 – Влияние различных технологических сред на осевую силу и крутящий момент при сверлении легированной стали и титанового сплава

На рисунке 3 представлены результаты аналогичных исследований, реализованных на операции развертывания. В этом случае наблюдались более существенные изменения всех измеряемых параметров. Вероятнее всего это связано с характерно малой толщиной припуска на обработку и малейшие изменения условий пластического деформирования проявляются более заметно. Наименьшие значения осевой силы и крутящего момента наблюдались при обработке легированной стали в среде специального масла и модифицированных составов СОТС. При развертывании отверстий в титановом сплаве ВТ 22 влияние внешней технологической среды на изменение значений осевой силы  $P_o$  практически не были выявлены и колебались в пределах аппаратной ошибки. В отличие от осевой силы,

крутящий момент показал наименьшие значения в среде не модифицированных растительных масел. Нужно отметить, что как при сверлении, так и при развертывании применение в качестве СОТС подсолнечное масло эффективнее при обработке легированной стали, а рапсовое при обработке титанового сплава.

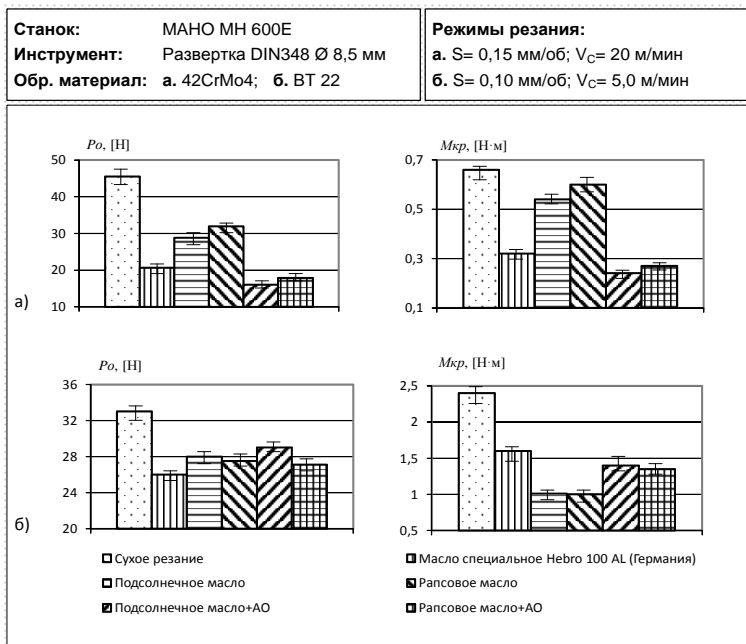


Рисунок 3 – Влияние различных технологических сред на осевую силу и крутящий момент при развертывании отверстий в легированной стали и титанового сплава

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что модифицированные растительные масла практически не уступают широко применяемому специальному промышленному маслу, а в определенных условиях (при сверлении титанового сплава и развертывании легированной стали) могут быть и более эффективны.

В общем случае основной причиной снижения силы резания при использовании модифицированных составов СОТС растительной природы является отсутствие оксидных пленок на трущихся поверхностях. Согласно исследованиям, отмеченным в работах [5-8], усиление адсорбционного понижения прочности в среде ПАВ возможно путем устранения экранирующего действия оксидных пленок и непосредственного

взаимодействия ПАВ с поверхностью металла. Изменение всех составляющих силы резания вызвано повышением проникающей способности ПАВ, за счет усиления их адсорбционной активности при взаимодействии с ювенильными поверхностями инструментального и обрабатываемого материалов. Согласно теории проф. П.А. Ребиндера при увеличении проникающей способности, модифицированные составы СОТС облегчают процессы диспергирования и пластической деформации. Усиление адсорбции ПАВ приводит к созданию более прочных смазочных пленок на поверхностях трения и, как следствие, к снижению всех составляющих силы резания.

### **Выводы.**

- Используемые в качестве СОТС технические растительные масла, обладая высокими смазочными свойствами, существенно изменяют содержание контактных процессов при резании металлов.
- Эффективность действия СОТС на основе растительных масел в значительной мере зависит от свойств обрабатываемого материала. Как при сверлении, так и при развертывании эффект снижения сил резания в среде подсолнечного масла наиболее выражен при обработке легированной стали, а применение рапсового масла при обработке титанового сплава.
- Модификация растительных масел экологически безопасным антиоксидантом витамином Е при этом открывает возможности улучшения их трибологических характеристик и решения проблемы постэксплуатационной утилизации отработанных СОТС.

**Список использованных источников:** 1. Якубов Ч.Ф. Упрочняющее действие СОТС при обработке металлов резанием / Ч.Ф. Якубов. – Симферополь, 2008. – 156 с. 2. Грабченко А.И. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении / под. ред. А.И. Грабченко. – Харьков, ХГТУ, 1999. – 436 с. 3. Алиев А.И. Повышение работоспособности сложнопрофильного режущего инструмента за счет использования СОТС растительной природы: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Алиев. – Харьков, 2011. – 116 с. 4. Менумеров Э.Р. Пат. 65611 Украина, МПК С10М 173/02. Модифіковане мастильно-охолоджуюче технологічне середовище рослинного походження / Е.Р. Менумеров. – № 2 2011 06268; заявл. 19.05.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23. – С. 65-73. 5. Костецкий Б.И. Влияние газовых сред на действие поверхностно-активных смазок при граничном трении / Б.И. Костецкий, Ю.Д. Островой. – В сб.: Трение, смазка и износ деталей машин». Вып. IV. Киев. Изд-во КИГВФ, 1964. 6. Шульман П.А. Влияние добавок поверхностно-активных веществ на процесс алмазного шлифования // П.А. Шульман, Н.Ф. Колесниченко, Б.И. Костецкий. – «Синтетические алмазы». 1966, №1. 7. Костецкий Б.И. Роль кислорода при действии добавок поверхностно-активных веществ в процессах трения, смазки и износа металлов / Б.И. Костецкий, Г.В. Никулин. – ДАН СССР. Т. 181. 1968, № 2. 8. Клушин М.И. Технологические свойства новых СОЖ для обработки резанием / М.И. Клушин, В.М. Тихонов, Д.И. Симкин. – М.: Машиностроение, 1979. – 192 с.

*Поступила в редколлегию 01.07.2013*